

**FESTIGKEITSSTEIGERUNG VON BORCARBIDKERAMIC MIT HILFE DES ZUSATZES VON  
NANOPULVER**N.V. Kashirina

Wissenschaftliche Begleiterin und Sprachberaterin: Fr. Dr. E.K. Prochorets

Polytechnische Universität Tomsk, Russland, Tomsk, Lenin-Prospekt, 30, 634050

E-mail: [nvk2@tpu.ru](mailto:nvk2@tpu.ru), [lenpro@tpu.ru](mailto:lenpro@tpu.ru)**ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КЕРАМИКИ КАРБИДА БОРА ПУТЕМ  
ВВЕДЕНИЯ ДОБАВОК НАНОПОРОШКОВ**Н.В. Каширина

Научный руководитель: кандидат педагогических наук, доцент Е.К. Прохорец

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [nvk2@tpu.ru](mailto:nvk2@tpu.ru), [lenpro@tpu.ru](mailto:lenpro@tpu.ru)

*В данной статье рассмотрено влияние ультрадисперсной добавки порошка карбида бора в промышленный порошок того же вещества на прочностные свойства готового спеченного изделия.*

Die Entwicklung und die Vervollkommnung der Technologie des Panzerkeramikerhaltens aufgrund des Borcarbids ist einer der perspektiven Entwicklungsrichtungen im Bereich Stoffkunde. Zu den wichtigen Eigenschaften der Keramik aufgrund des Borcarbids gehören die hohe Festigkeit (30 GPa) und die verhältnismäßig niedrige Dichte (2,52 g/cm<sup>3</sup>). Aber solche Keramik besitzt eine ziemlich niedrige Rissbeständigkeit. Eine effektive Vorgehensweise der Verbesserung von physikalisch-mechanischen Eigenschaften der keramischen Materialien ist der Einsatz der Nanopulver in die existierenden Industripulver [1].

Das Ziel des Artikels ist die Analyse der wissenschaftlichen Literatur im Forschungsbereich mit dem Zweck, den Einfluss der nanodispersen Zusätze auf die Festigkeitseigenschaften der Keramik einzuschätzen.

Die Nanoteilchen in der Pulvermetallurgie werden für das Erhaltendes Konstruktionsmaterials mit der feindispersen Mikrostruktur und mit den erhöhten physikalisch-mechanischen und Betriebseigenschaften breit verwendet [2]. Es gibt eine Rückabhängigkeit der Festigkeit der Materialien von der Korngröße im Pulver. Die Bildung und das Wachstum der Risse der kritischen Größe in den Materialien mit der feinkörnigen Struktur wird wegen der kleinen Größe der strukturellen Fragmente und des Vorhandenseins der großen Zahl der Grenzen gebremst [3]. Das Erhalten des feindispersen Materials unmittelbar aus den Pulvern der Nanoteilchen fordert große Kosten für die Produktion der notwendigen Zahl der Nanoteilchen. Das Verhalten der Nanoteilchen unter der Einwirkung der äußerlichen Parameter in der Wurzel unterscheidet sich vom Verhalten der räumlichen Materialien. Deshalb wird die Ausarbeitung der neuen technologischen Arbeitsverfahren mit dem Material gefordert. Mehr traditionell wird die Nutzung der Nanoteilchen als Zusätze zu den industriellen Pulvermischungen angenommen [2]. Die Prozentverhältnisse der Zusätze, ihr Größe und die Kennziffer des Sinters beeinflussen die erhaltene Festigkeit der Keramik [3].

Traditionell bekommt man die Keramik aufgrund des Borcarbids mit Hilfe der Methode des Heißpressens. Zu den Nachteilen der Methode zählen die niedrige Produktivität und Energiekapazität, die Unmöglichkeit des Erhaltens von Werkstück der komplizierten Form (wirkt sich auf die Selbstkosten der Produktion aus). Die hohe

Temperatur und die Dauer des Prozesses des Heißpressens lassen die Größe des Kornes auf dem submikronen Niveau nicht aufsparen. Es werden die Festigkeitseigenschaften des Erzeugnisses negativ beeinflusst – die optimale Kombination der Festigkeit und Rissbeständigkeit [4]. In letzter Zeit wird die Methode der Herstellung der Erzeugnisse aus den keramischen Pulvern mittels von Sinter im Plasma des Ausfunkens oder Englisch *Spark Plasma Sintering* (weiter die SPS-Methode) intensiv verwendet. Die SPS-Methode kombiniert die Einfachheit des Pressens des Pulvers in den geschlossenen Pressformen mit den Vorteilen der Methode des Heißpressens bei der wesentlichen Kürzung der Dauer und der Temperatur der Konsolidierung der Pulver bis porenfreien Zuständen. Das Prinzip der SPS-Methode besteht in der gemeinsamen Einwirkung auf das Pulvermaterial durch mächtige impuls - elektrische (3,3 ... 1000 msec) Entladung zwischen zwei Elektroden (die Energie 1 ... 100 kJ) und dem mechanischen Druck. Das Material in der Zone der Einwirkung wird bis zu den hohen Temperaturen, bis zum Plasmazustand aufgewärmt, es geschieht das Hochgeschwindigkeitssinter der Teilchen, deren Ausgangsmaßstab in den Körnern dabei erhalten bleibt [5].

Für die Einschätzung der Veränderung der Festigkeitseigenschaften fertig der Erzeugnisse waren die Arbeiten einiger russischer Gruppen betrachtet.

In der Arbeit von russischen Forschern I.V. Blinkov und B.N. Anikin wurde die Borcarbidmischung betrachtet, die aus den Elementen(B. - 77,5 % (Masse), C - 21,1 % (Masse), O - 0,55 % (Masse)) synthetisiert ist. Dabei ist die mittlere Größe der Teilchen über1  $\mu\text{m}$  und *nanodispersen Pulver* (in weiteren NDP) $\text{B}_4\text{C}$  mit der Zahl von 10 % (Masse). Die Ergebnisse sind im Artikel [1] und hier in der Tabelle 1 vorgestellt.

Tabelle 1. Die Eigenschaften von Sintermaterialien

Bestand des Materials	Relative Dichte	Festigkeit	$\sigma_{\text{be}}$ , MPA	$\sigma_{\text{kon}}$ , MPA
$\text{B}_4\text{C}+10\%(\text{Masse})$ НДП $\text{B}_4\text{C}$	0,98	98HRA	480	1640
$\text{B}_4\text{C}$	0,94	94HRA	380	1500

Aus der Tabelle 1 ist die bemerkenswerte Erhöhung der physikalisch-mechanischen Eigenschaften der Keramik, die aus dem Einsatz mit den Zusätzen NDP  $\text{B}_4\text{C}$  bekommen ist, synthetisiert im Impulsplasma, zu ersehen. Diese Ergebnisse sind offenbar mit der erhöhten Dichte der Keramik und mehr feinkörniger Struktur verbunden. Im Pressen mit 10 % (Masse) NDP werten Nanoteilchen die Leeren ausgefüllt. Nanoteilchen bilden damit die Schichten zwischen den Teilchen der niedrigen Dispersität [3].

In einer anderen Arbeit (die Gruppe von O.L.Khasanov) wurde der Einfluss der Zusätze des ultradispersen Pulvers des Borcarbids (10 % Masse) in den industriellen Pulver des Borcarbid (die Marke M5, GOST 3647-80) auf die physikalisch-mechanischen Eigenschaften der Keramik untersucht, die von der SPS-Methode bekommen wurde – das Sinter bei verschiedenen technologischen Modes[4].

Die Ergebnisse sind in der Tabelle 2 vorgestellt.

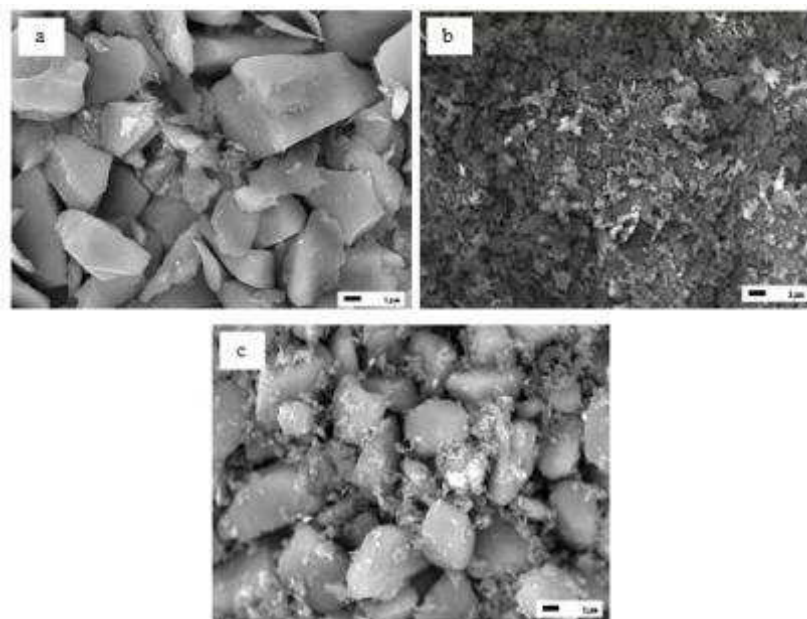
Tabelle 2. Der Vergleich der Sinter-Kennziffer der Keramik

$T_{\text{max}}$ , [°C]	$P_{\text{max}}$ , [MPa]	$H_v$ , [GPa]	
		$\text{B}_4\text{C}$	$\text{B}_4\text{C}_{\text{mix}}$
1850	30	7,38	23,75
1950	60	12,206	22,46
1850	90	24,772	24,77

Die Tabelle 2 enthält die Daten der Mikrofestigkeit der Sinterkeramik mit NDP und ohne sie. Aus der Tabelle ist es sichtbar, dass der SPS-

Modus des Sinters von der Keramik bei 1850°C mit UDP -Zusatz die bedeutende Vergrößerung der Mikrofestigkeit (von 13 % bis 47 %) im Vergleich zu solcher Größe in der Keramik ohne Zusatz gibt.

Infolge der literarischen Übersicht kann man die Schlussfolgerung darüber ziehen, dass die Nutzung der ultradispersen Zusätze dem industriellen Pulver zulässt, die Senkung der Bedeutungen von Kennziffer des Sinterns für das Erhalten der Erzeugnisse derselben Festigkeitseigenschaften zu bekommen.



Die Abb. 1. SAM-Zeichnung: a - des Ausgangspulvers  $B_4C$ , b – NDP, c -  $B_4C_{mix}$

## QUELLEN

1. Blinkov I.N., Anikin V.N. Die Nutzung Nanopulver des Borcarbids für die Herstellung der Hochfest-Keramik // Die Sammlung der Thesen der Vorträge der Teilnehmer des Zweiten Internationalen Forums nach den Nanotechnologien.– 2009. – S. 351–352.
2. Hvostantsev L.G., Borovskij G.V., Brashkin V.V., Lajtsan L.A., Borovskij V.G. Die wirksame Einleitung Nanoteilchen des Wolframcarbids in die feste Legierung // Die russischen Nanotechnologien – T.8. - №9-10. – S. 79–81.
3. Khasanov O.L., Dvilis E.S., Khasanov A.O., Bikbaeva C.G., Polisadova V.V., Sokolov V.M., Katschaev A.A., Valova J.V. Die Bestimmung der optimalen Modus der Herstellung der hochdichten Keramik aus dem Pulver des Borcarbids von der Methode des Sinterns im Plasma des Ausfunktens // Die Nachrichten der Polytechnische Universität Tomsk. – 2012 – T.320- №2 – S. 58–62.
4. Saenko L.V., Omarov G.Sh., Khasanov A.O. Der Einfluss des ultradispersen Zusatzes des Pulvers des Borcarbids auf die Festigkeitseigenschaften der Keramik, die von der SPS-Methode hergestellt ist // Die Perspektiven der Entwicklung grundlegend der Wissenschaften: Die Werke der IX. internationalen Konferenz der Studenten und der jungen Gelehrten. –Tomsk, 2012. – S. 197–199.
5. Dobedoe R.S., West G.D., Lewis M.H. Das Sinter im Plasma des Ausfunktens der Keramik // Meldung der europäischen keramischen Gesellschaft. – 2003. – T. 1. – S. 19–24.